

# ***Eletromagnetismo I (2024.1)***

***GFI00220***

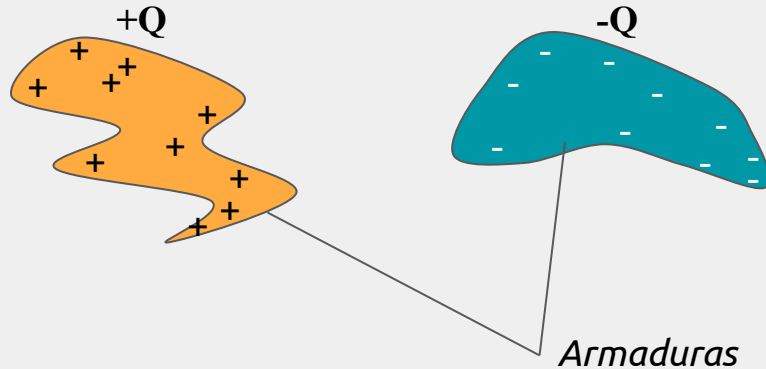


## ***Capacitores***

***Professor: Carlos Eduardo Souza (Cadu)***

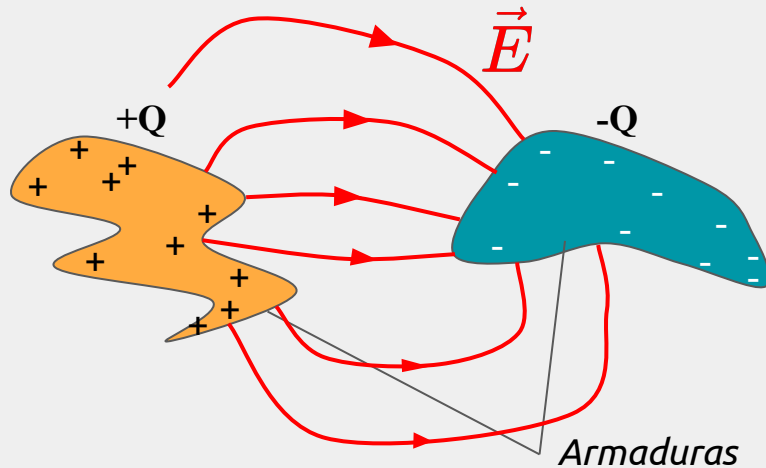
## **Capacitores** são...

*Dispositivos elétricos com função de armazenar energia e entregá-la de uma única vez a um circuito.*



## **Capacitores** são...

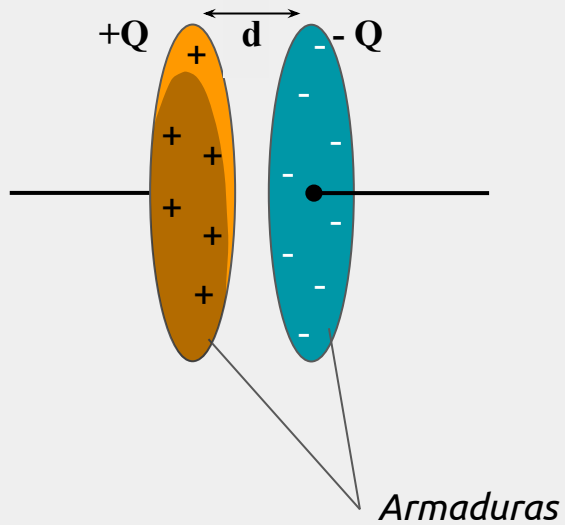
*Dispositivos elétricos com função de armazenar energia e entregá-la de uma única vez a um circuito.*



*A energia de um capacitor é armazenada no campo elétrico.*

# ***Capacitor de placas planas***

## ***Protótipo***

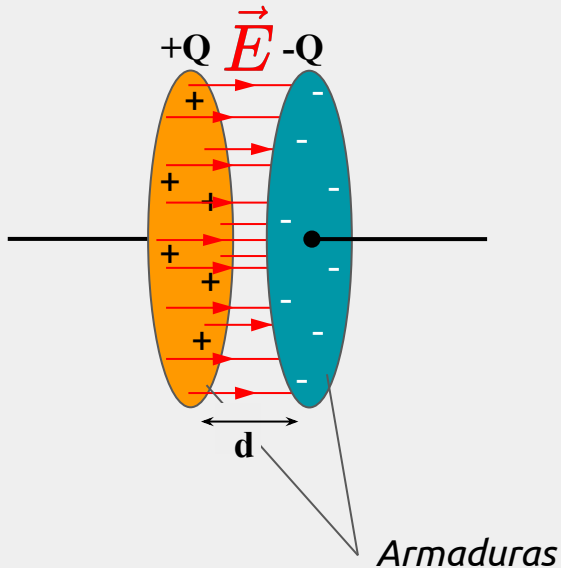


**! Importante**

*Neste protótipo:  $d \ll R$  Campo elétrico confinado entre as placas.*

## Capacitor de placas planas

### Protótipo



**! Importante**

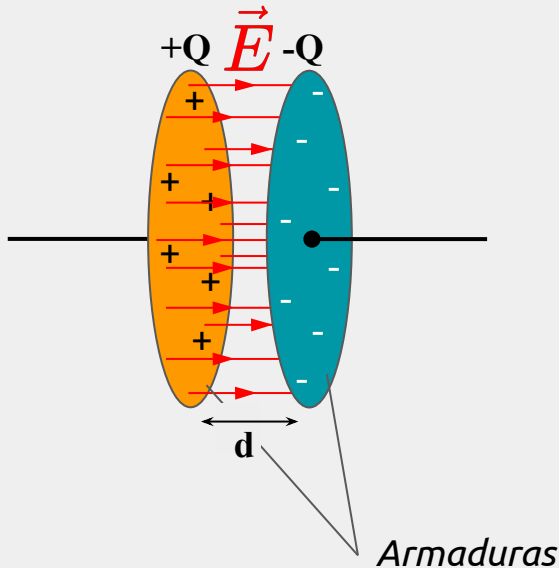
*Neste protótipo:  $d \ll R$  Campo elétrico confinado entre as placas*

## Capacitor de placas planas

### Protótipo

*Usando o campo elétrico podemos calcular a ddp entre as placas*

$$V = \Delta V = V_+ - V_- = - \int_-^+ \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

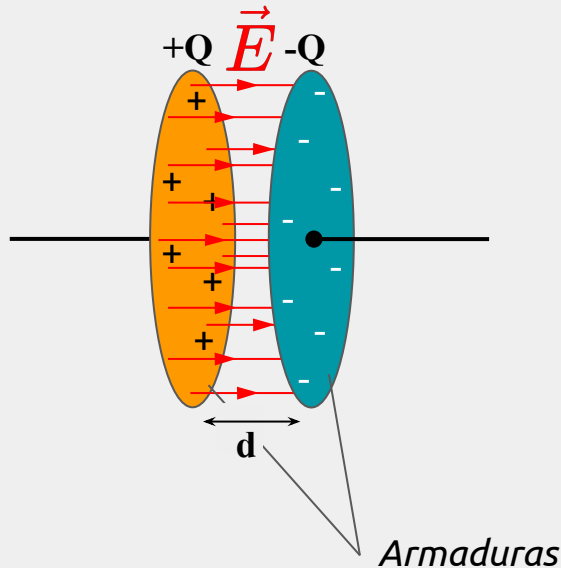


**! Importante**

*Neste protótipo:  $d \ll R$  Campo elétrico confinado entre as placas*



## Capacitor de placas planas Protótipo



*Usando o campo elétrico podemos calcular a ddp entre as placas*

$$V = \Delta V = V_+ - V_- = - \int_-^+ \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

*Como  $Q \propto |\vec{E}| \propto V$ , é conveniente definirmos:*

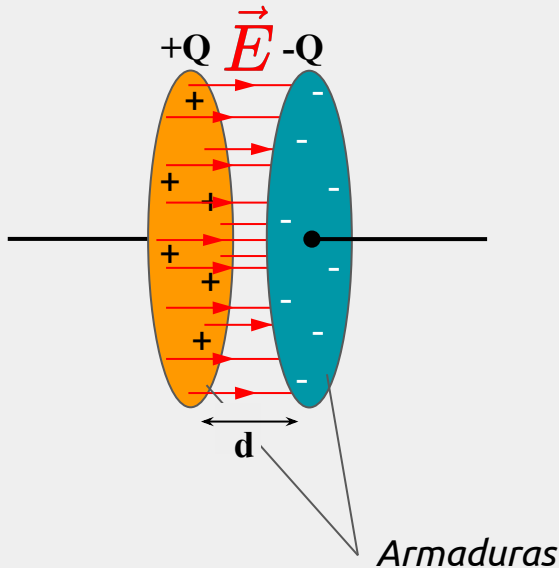
$$C \equiv \frac{Q}{V}$$

*a chamada **capacitância**.*

**! Importante**

*Neste protótipo:  $d \ll R$  Campo elétrico confinado entre as placas*

## Capacitor de placas planas Protótipo



*Usando o campo elétrico podemos calcular a ddp entre as placas*

$$V = \Delta V = V_+ - V_- = - \int_-^+ \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

*Como  $Q \propto |\vec{E}| \propto V$ , é conveniente definirmos:*

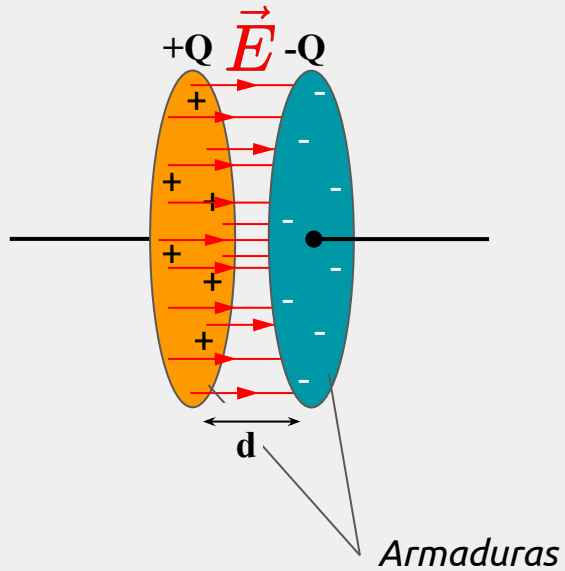
$$C \equiv \frac{Q}{V} \quad \frac{[Q]}{[V]} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}} = \text{Farad}$$

*a chamada **capacitância**.*



# Capacitor de placas planas

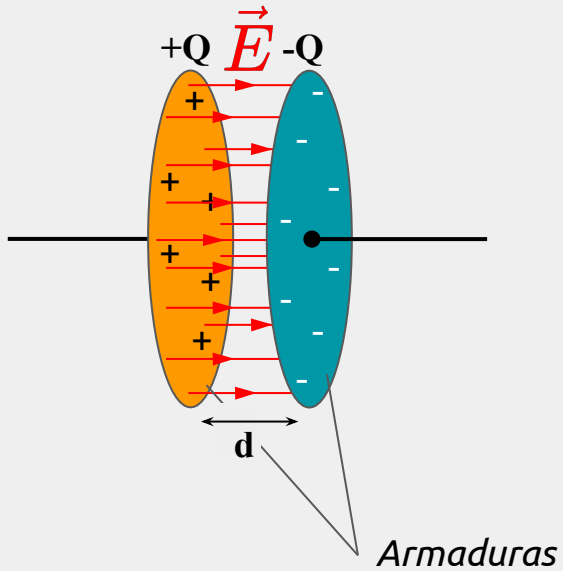
## Protótipo



$$C \equiv \frac{Q}{V}$$

## Capacitor de placas planas

### Protótipo



Energia armazenada

!  $V = \frac{Q}{C}$

## Capacitor de placas planas Protótipo

Como vimos anteriormente, o custo para trazer uma carga  $q$  do infinito até o ponto P, dado que exista previamente um sistema de cargas, é

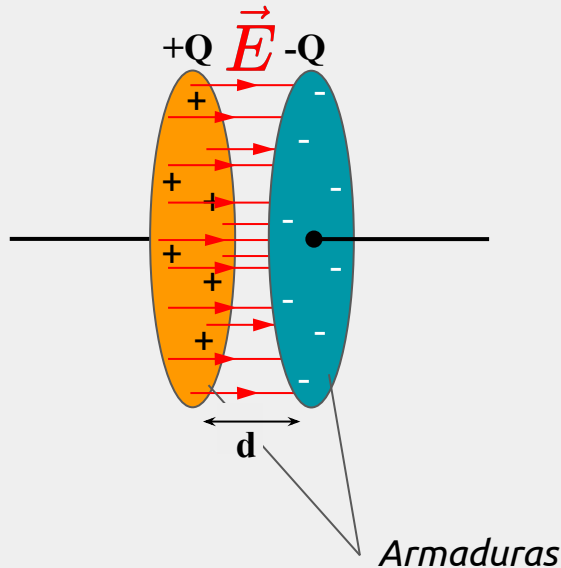
$$U = qV$$

Energia armazenada

!  $V = \frac{Q}{C}$

O custo p/ aumentar a carga em  $+dQ$

$$dU = V \cdot dQ = \frac{Q}{C} dQ$$



## Capacitor de placas planas Protótipo

Como vimos anteriormente, o custo para trazer uma carga  $q$  do infinito até o ponto P, dado que exista previamente um sistemas de cargas, é

$$U = qV$$

Energia armazenada

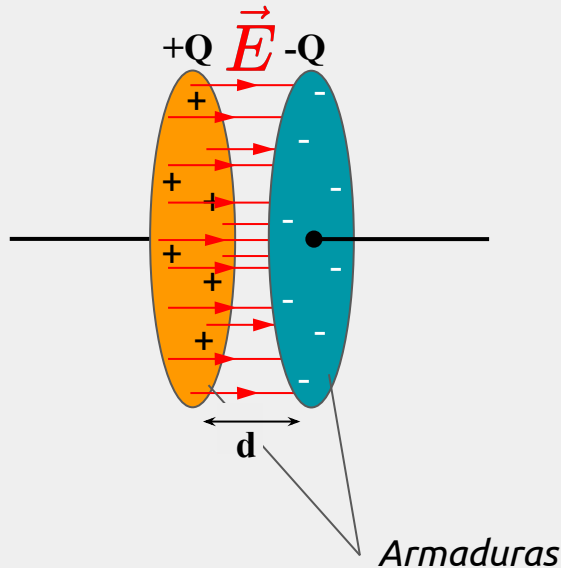
!  $V = \frac{Q}{C}$

O custo p/ aumentar a carga em  $+dQ$

$$dU = V \cdot dQ = \frac{Q}{C} dQ$$

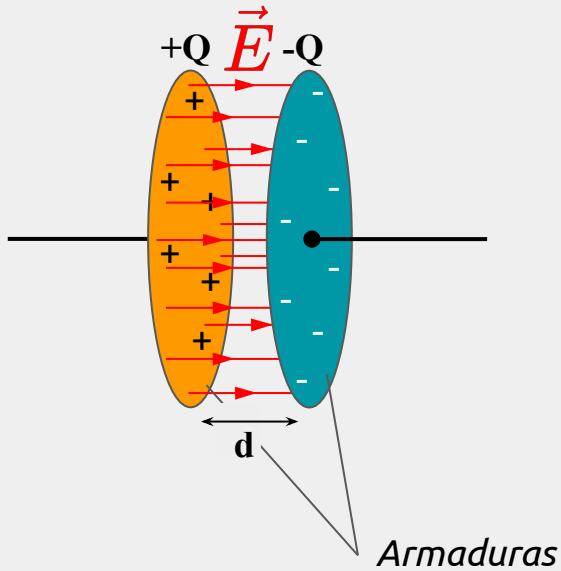
Portanto,

$$U = \int_{-}^{+} dU = \int_{-}^{+} \frac{Q'}{C} dQ' \Rightarrow U = \frac{Q^2}{2C}$$



## Capacitor de placas planas Protótipo

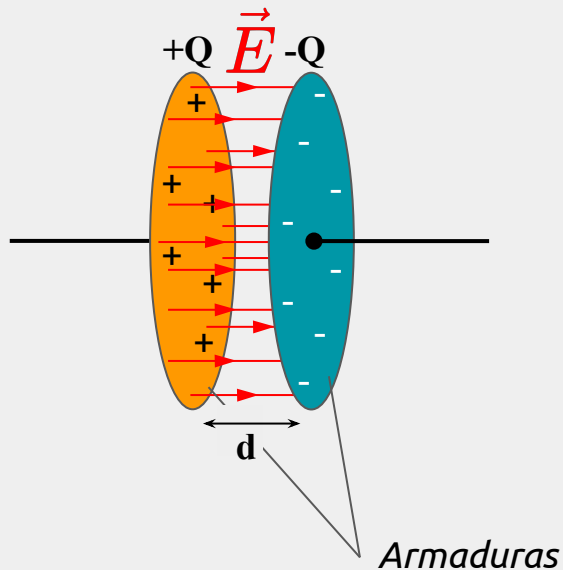
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$



# Capacitor de placas planas

## Protótipo

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$



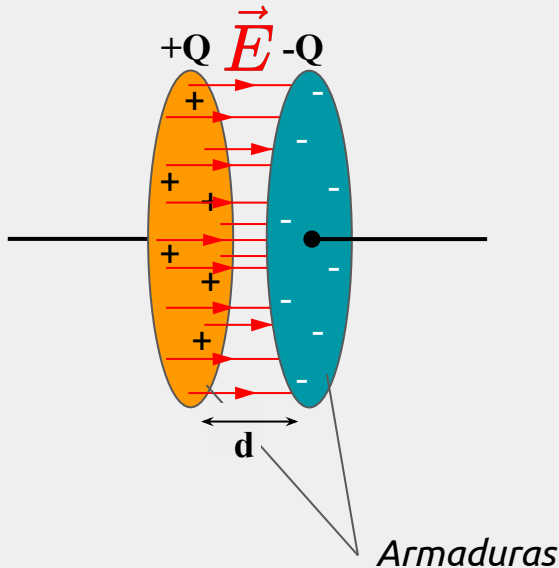
## Capacitância

Como  $V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$  e  $C \equiv \frac{Q}{V}$

$$C = \frac{Q}{\frac{Qd}{\epsilon_0 A}} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

# Capacitor de placas planas Protótipo

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$



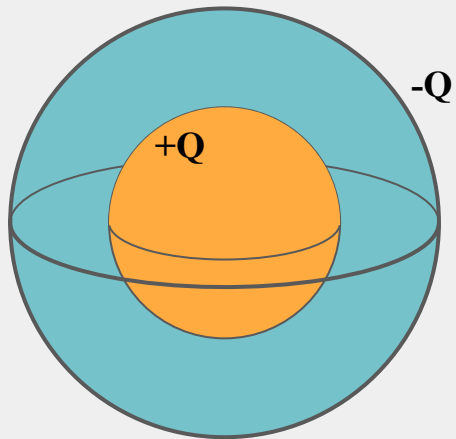
## Capacitância

Como  $V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$  e  $C \equiv \frac{Q}{V}$

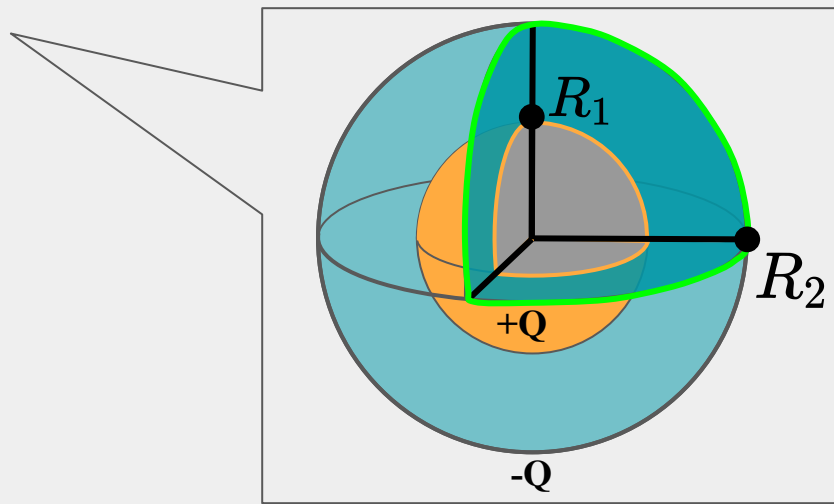
$$C = \frac{Q}{\frac{Qd}{\epsilon_0 A}} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

**! Importante** A capacitância não depende da carga  $Q$

# Capacitor esférico

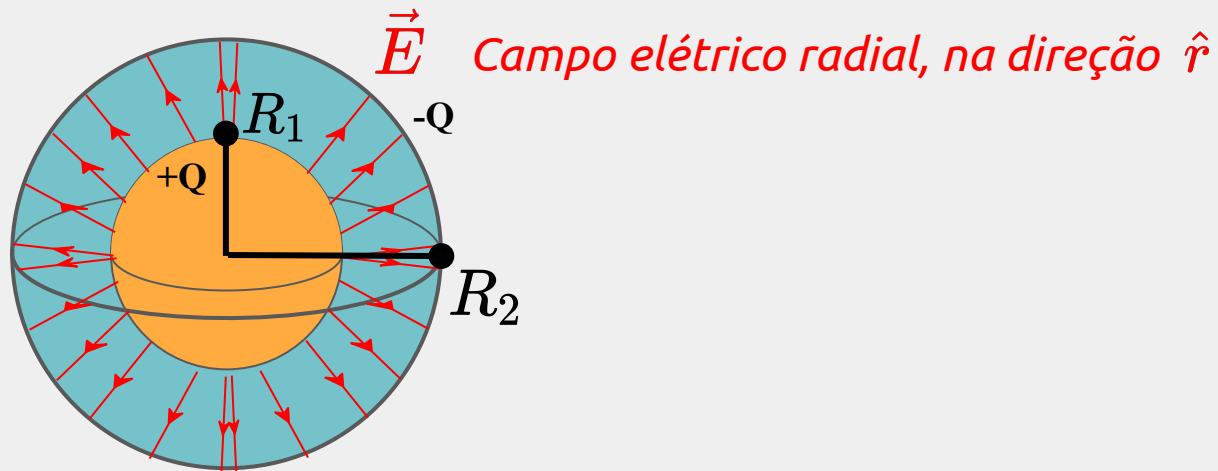


$$C \equiv \frac{Q}{V} = ?$$

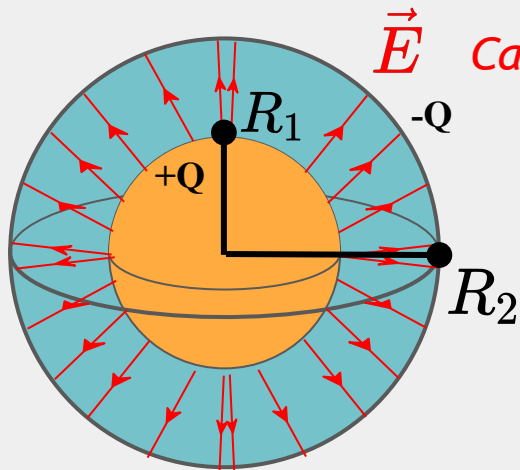




# Capacitor esférico



# Capacitor esférico



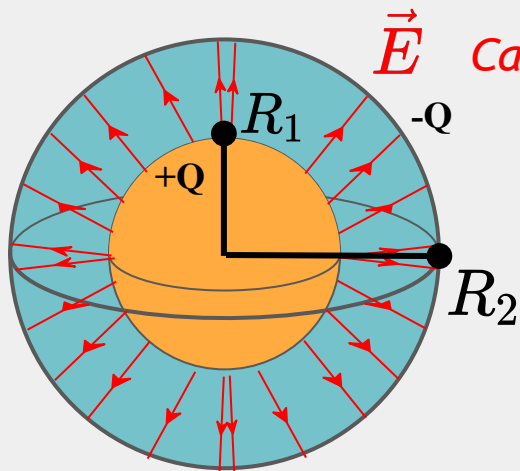
$\vec{E}$  Campo elétrico radial, na direção  $\hat{r}$

*Pela lei de Gauss*

$$\Phi_E = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0} \Rightarrow E4\pi r^2 = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{Q_{int}}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

# Capacitor esférico



$\vec{E}$  Campo elétrico radial, na direção  $\hat{r}$

*Pela lei de Gauss*

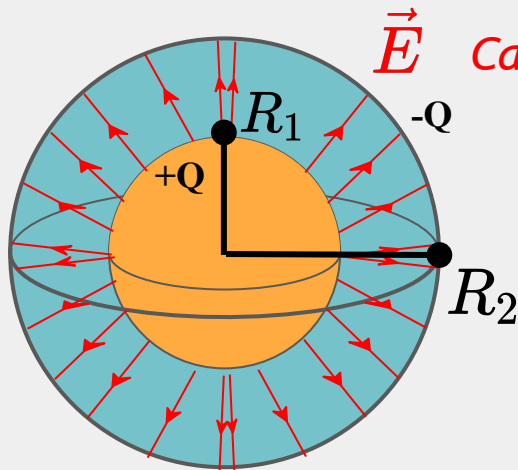
$$\Phi_E = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0} \Rightarrow E 4\pi r^2 = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{Q_{int}}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

*Portanto, o cálculo da ddp fica:*

$$V = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

# Capacitor esférico



$\vec{E}$  Campo elétrico radial, na direção  $\hat{r}$

*Pela lei de Gauss*

$$\Phi_E = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0} \Rightarrow E 4\pi r^2 = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{Q_{int}}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

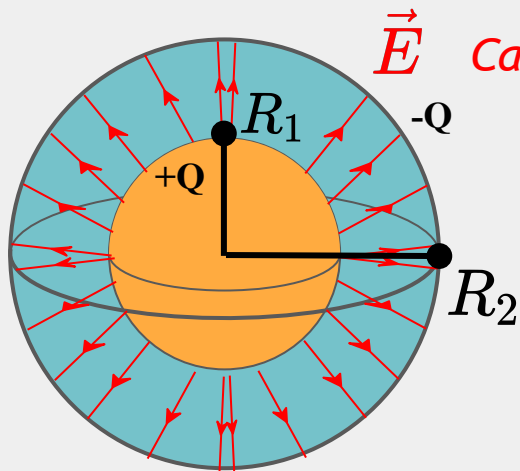
*Portanto, o cálculo da ddp fica:*

$$V = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

*Calculando a capacitância:*

$$C \equiv \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)} = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

# Capacitor esférico



$\vec{E}$  Campo elétrico radial, na direção  $\hat{r}$

Pela lei de Gauss

$$\Phi_E = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0} \Rightarrow E 4\pi r^2 = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{Q_{int}}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Portanto, o cálculo da ddp fica:

$$V = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

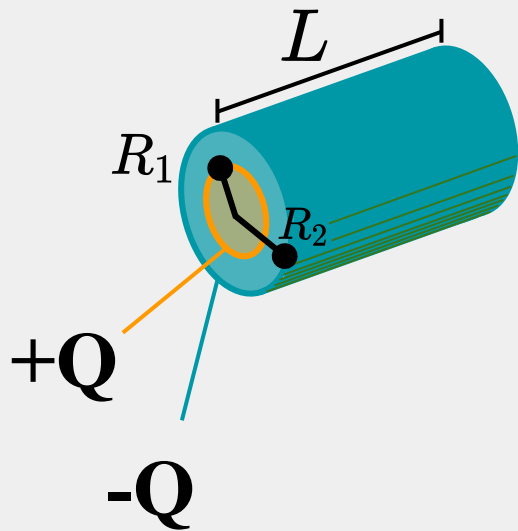
Calculando a capacitância:

$$C \equiv \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)} = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

**! Importante**

A capacitância não depende da carga  $Q$

# Capacitor cilíndrico



$$C \equiv \frac{Q}{V} = ?$$



Fim